DOI:
张春晖 张震.智能电能表技术演进研究［J］. ****，****，**，（**）：00-00
ZHANG Chunhui　ZHANG Zhen. Research on the evolution of smart　meter technology［J］. ****，****，**，（**）：00-00

智能电能表技术演进研究

张春晖 [1]　张震 [2]
(1.国网山东省电力公司，山东 济南　250001;2.华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100)

摘　要：智能电能表不仅仅是一个用来测量电量的设备，而是成为了智能电网的核心组成部分，实现了对电力使用的高效监控、预测和管理。在深入了解智能电能表技术的演进过程后，我意识到这一变革并非一蹴而就。它经历了从最初的机械式电能表到电子式电能表，再到如今高度智能化的电能表的漫长历程。每一个阶段的技术突破都为智能电能表的最终形态奠定了基础。在机械式电能表时代，电能的测量主要依赖于机械结构的转动和计数。这种方式的精度和稳定性受到机械磨损、环境干扰等因素的影响，难以满足日益增长的电力管理需求。随着电子技术的飞速发展，电子式电能表应运而生。它利用电子技术对电流和电压进行采样和处理，大大提高了测量的精度和稳定性。同时，电子式电能表还具备了远程抄表和数据处理的功能，为电力管理带来了极大的便利。然而，电子式电能表仍然存在着一些局限性，如数据处理的复杂性和通信能力的有限性。正是这些挑战推动了智能电能表的诞生。智能电能表结合了物联网、大数据、云计算等先进技术，实现了对电力使用情况的实时监控、分析和预测。它不仅能够准确测量电量，还能够根据用户的用电行为和需求，提供个性化的用电建议和节能方案。在智能电能表技术的演进过程中，通信技术扮演了至关重要的角色。从最初的有线通信到无线公网、无线专网、电力线载波等多种通信方式的融合，智能电能表实现了与电网管理系统的实时通信和数据共享。这使得电力管理更加智能化、高效化，为用户提供了更加便捷、个性化的用电体验。然而，智能电能表技术的发展也面临着一些挑战。如何确保数据的安全性和隐私保护是一个亟待解决的问题。同时，随着智能电网的不断发展，智能电能表需要与其他设备实现更加紧密的连接和协同，以实现更加高效、可靠的电力管理。展望未来，我相信智能电能表技术将继续不断创新和突破。随着物联网、大数据、人工智能等技术的进一步发展，智能电能表将具备更加强大的功能和性能，为电力行业的智能化、高效化提供更加坚实的基础。同时，我们也需要关注数据安全、技术标准、成本等挑战，并积极寻求解决方案，推动智能电能表技术的持续发展和应用推广。

关键词：智能电能表　技术演进　电网
中图分类号：TM933.4　**文献标识码：**　**文章编号：**

Research on the evolution of smart　meter technology

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]
(1.State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan，Shandong 250100，China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co.，Ltd.，Jinan，shandong 250100，China）

Abstract: A smart meter is not just a device used to measure electricity, but has become a core component of the smart grid, enabling efficient monitoring, prediction and management of electricity use. After taking a closer look at the evolution of smart　meter technology, I realized that this change did not happen overnight. It has gone through a long journey from the original mechanical　meter to the electronic　meter and then to today's highly intelligent　meter. Technological breakthroughs at each stage laid the foundation for the final form of the smart　meter. In the era of mechanical　meters, the measurement of electrical mainly relied on the rotation and counting of mechanical structures. The accuracy and stability of this method are affected by mechanical wear, environmental disturbances and other factors, and it is difficult to meet the growing demand for power management. With the rapid development of electronic technology, electronic　meters came into being. It uses electronic technology to sample and process current and voltage, which greatly improves the accuracy and

作者简介：张春晖　男，　(1938-)，　从事电能计量技术研究　。
通信作者：张震　　男，　(1977-)，　从事电能计量技术研究　　721047546@qq.com

stability of measurement. At the same time, the electronic meter also has the functions of remote meter reading and data processing, which brings great convenience to power management. However, electronic meters still have some limitations, such as the complexity of data processing and the limited communication capabilities. It is these challenges that have driven the creation of smart meters. Smart meters combine advanced technologies such as the Internet of Things, big data, and cloud computing to achieve real-time monitoring, analysis, and prediction of power usage. It can not only accurately measure electricity, but also provide personalized electricity consumption suggestions and energy-saving solutions according to users' electricity consumption behaviors and needs. Communication technology plays a crucial role in the evolution of smart meter technology. From the initial wired communication to the integration of various communication methods such as wireless public network, wireless private network, and power line carrier, the smart meter realizes real-time communication and data sharing with the power grid management system. This makes power management more intelligent and efficient, and provides users with a more convenient and personalized electricity experience. However, the development of smart meter technology also faces some challenges. How to ensure data security and privacy protection is an urgent problem to be solved. At the same time, with the continuous development of smart grids, smart meters need to achieve closer connection and coordination with other devices to achieve more efficient and reliable power management. Looking to the future, I believe that smart meter technology will continue to innovate and break through. With the further development of technologies such as the Internet of Things, big data, and artificial intelligence, smart meters will have more powerful functions and performance, providing a more solid foundation for the intelligence and efficiency of the power industry. At the same time, we also need to pay attention to challenges such as data security, technical standards, and costs, and actively seek solutions to promote the continuous development and application of smart meter technology.

Key words: Smart meters Technological evolution Power grid

0 前言

2009年4月，杭州海兴公司率先在国内电表行业会议上发表：国际上《智能电能表应用与发展趋势》的报告。

2009年5月，国网公司在北京召开的特高压技术国际会议上发布”坚强智能电网”的发展规划（2009---2020年）。

在这些国际、国内计量发展背景下，2009年8月，国网发布中国首部智能电表系列企业标准。从此，国网在用户侧开展为其11年的智能电表研发、大规模应用和用电信息采集系统建设。

— 国网研发出智能电表的款式汇集

2009---2020年，按智能电表标准发布的年份，国网共推出两代四款智能电表：

· 2009版国网标准智能电表——第一代智能电表（首款）；

· 2013版国网标准智能电表——第一代智能电表（第二款）；

· 按2016年国网设计方案：基于IR46理念的”双芯”智能电表——新一代智能电表（首款）；

· 按2019年国网技术要求：具有多芯模组化结构的新一代智能电表（第二款）。

— 国网运行智能电表总量

2009---2020年，国网主要安装应用2009版、2013版国网标准智能电表。截止2018年底，国网供电营业区运行智能电表总量为4.58亿只，用户覆盖率99.87%，共投资998亿元。其中，2013版标准智能电表约3.31亿只，占运行智能电表总量的72.2%；2009版标准智能电表约1.27亿只，占27.7%。

— 国网智能电表累计招标总量

从2009年起，国网智能电表招标产品为2009版标准智能电表，2013年中期后，改为2013版标准智能电表。2009---2019年，智能电表累计招标总量由2018年底运行智能电表总量+2018年底智能电表库存量及计量故障处理用表（约20%）+2019年招标量合成算出。截止2019年底，国网智能电表累计招标总量，估计为6.21亿只共投资1291亿元。

— 国网大规模开发应用智能电表的目标

鉴于电能表是电力贸易结算用电量与考核电网技术经济指标的法制计量器具，国网期望在电网系统内：

· 首次实现智能电表的型式、功能、技术、测试（包括表计软件测试）的统一，强化电能计量技术管理。

· 首次实现省级电网（具有1000万---4000万户）

智能电表由省级电网电科院进行集中、统一的自动化检定，提升全网运行智能电表质量水准。

· 2018年8月，国网对26个省级电网运行满7年的智能电表，进行大规模（表计约36万只）的计量性能抽检，抽检合格率达到99.64%，这说明在线运行智能电表的质量及质量偏移情况是理想的。但是，网上对这个抽检合格率的统计方法提出质疑：通常，智能电表安装运行初期的故障更换率很高，特别是2009版国网标准智能电表。

以上从国网智能电表的开发款式、运行总量、招标总量和智能电表开发应用目标4个方面，概要说明（2009---2020年）国网智能电表的发展情况。

— 下面，回顾国网智能电表发展全程，主要对各款智能电表进行应用研究。

· 2009年2月，国网营销部在中国电科院召开”电能表型式、功能及招标技术规范”专家讨论会。本文作者应邀与会。由此，引起本文作者对国网于2008年制订的”电能表型式、功能及招标技术规范”如何转化为2009版国网智能电表系列企业标准的关注。

· 对国网各款智能电表进行应用研究，重点通过对智能电表标准、专业期刊文稿、智能电表应用报道的汇集与解读，提炼出智能电表设计特征，设计应用存在问题；讨论智能电表设计应用有争议的问题；提出智能电表设计应用改进的建议。从2010---2020年，本文作者跟随国网智能电表发展全程，先后撰写专题文稿17篇，已汇编在《现代电能表应用研究文集》。

1、国网各款智能电表的设计特征和对计量产品品质的评议。

1 ）最初的 2009 版国网标准智能电表

— 设计特征

· 2009版标准，首次给出智能电表的定义。由于”智能”功能不到位，引起不同的看法；

·表计功能方面，与DL/T614---2007《多功能电能表》相比，该新标准提出硬时钟电路、编程密码、费控、负荷记录、阶梯电价、停电抄表的初步应用，ESAM模块安全认证等。

— 品质评议：2009版标准是由国网2008年制订的”电能表型式、功能及招标技术规范”转换、补充而来。由于转换时间短，对新提出的功能、技术要求缺乏科学、细致的论证、测试，标准内容也不完整、不明确，导致2009版标准智能电表存在许多设计、制造质量的原始要求缺失，主要是电能计量功能不全、固化，不能由电网其它专业、省级电网按需选用；表计运行、操作不规范；部分表计供应商缺乏智能电表设计、制造经验，特别在软件设计、元器件筛选和生产工艺等方面存在缺陷，导致表计运行初期的故障率高。为此，2012年7月，国网营销部下发《关于进一步加强智能电能表质量管控工作的通知》。

— 应用情况

· 从2009年底---2013年中期，国网2009版智能电表累计招标2.25亿只，投资约468亿元。目前，网上运行该标准智能电表约有1.27亿只，占运行智能电表总量的27.7%。

· 2013年中期及以后，2009版标准智能电表不再参与国网智能电表招标。

2 ）2013 版国网标准智能电表

— 设计及测试特征

· 与2009版标准相比，2013版标准的计量功能不全、固化，不能按需选用是相同的，这是新标准的缺陷；

· 该新标准对智能电表的计量性能、功能扩展，提出许多创新实用要求：

主要是选用先进计量芯片、细化事件记录、保证计量安全和防交直流强磁场窃电措施、制订15类主要元器件技术规范；全省智能电表实行集中、统一自动化检定；提出逐步配置HPLC、网关要求。

— 但是，2013版标准智能电表不适应（OIML）IR46标准在国内落地应用的要求。

— 应用情况：

· 2013年中期---2019年，国网2013版标准智能电表累计招标4亿只，投资约832亿元。目前，网上运行2013版标准智能电表约3.31亿只，占运行智能电表总量的72.7%。这些2013版标准智能电表，原计划于2019年用国网”双芯”智能电表——新一代智能电表（首款）进行更换。

· 但是，由于2019年1月---2020年1月，国网发展情况有变化，目前，2013版标准智能电表继续在电网上运行。

· 2020年4月19日，网上报道：国网2020年电能表第1批招标总量（2475.2万只）及总金额（42.6亿元）的信息。估计这次国网招标计量产品，还是选用2013版国网标准智能电表。

3 ）按 2016 年国网设计方案：基于 IR46 理念的”双芯”智能电表——新一代智能电表（首款）

国网《基于IR46理念的”双芯”智能电能表设计

方案》是OIML的IR46标准率先在国内落地应用的智能电表新产品设计纲要。

— 设计特征

· 为实施IR46标准的计量特性保护要求，”双芯”智能电表的架构设计，采用”双芯”结构，计量芯与管理芯分离设计，改变前期智能电表一体化架构设计方案。

· ”双芯”智能电表的具体设计技术：采用双MCU、双存储器方案；提出电压电流采样测量或瞬时值测量；电能量数据带时标；实时钟电源设计更可靠；采用HPLC通信方式；管理芯软件在线升级。

— 设计方案评议

国网”双芯”智能电表设计方案的表计名称不合适，设计内容不完整，缺失项目多，主要有：

· ”双芯”作为表计名称一部分，不合适。”双芯”，只能说明表计主要用于实施IR46标准的计量特性保护要求。其实，IR46标准的”第1部分：计量和技术要求”，核心内容是准确度要求、计量特性保护两个方面，而IR46标准提出计量准确度要求的新体系更为重要。

· 该设计方案的正文，包括表型设计、结构设计、接口定义、计量芯功能要求、管理芯功能要求、双芯智能电表测试6个部分；附录，有通信协议、管理芯程序升级等4个附录。该设计方案对IR46标准第1部分的准确度要求、软件分离要求和第2部分：计量控制和性能试验如何吸纳处理，没有特别说明。

· 在传统智能电表设计方面的缺失项目，包括表计功能定位与整体架构设计；硬件、软件设计及测试；电表可靠性设计及验证测试;表计工艺流程设计及测试；表计型式试验等，该设计方案也未作出特别的说明。

— 项目生存期限，前后只有4年

”双芯”智能电表从立项到样机试运行的进程：

· 立项：2015年1月，国网营销部［2015］53号文提出：”开展IR46有功电能表国际建议的应用研究”。

· 设计方案：2016年9月，国网发布《基于IR46理念的”双芯”智能电能表设计方案》，并组织面向电表企业的宣贯会议。

· 样机推出：进入2017年，国内一些电表企业研发出”双芯”智能电表，并往国网计量中心送检。

· 样机试运行：2018年11月，国网”双芯”智能电表首次在浙江电网挂网运行。

· 转入过渡产品：2019年1月，国网对”双芯”智能电表提出另类表计定位和扩展功能设计要求，”双芯”智能电表作为新一代智能电表技术储备，为新一代智能电表（第二款）提供IR46标准实施的设计经验。

4 ）按 2019 年国网技术要求设计：具有多芯模组化结构的新一代智能电表（第二款）

2019年6月，国网推出新一代智能电表（第二款）样机，其性能与功能，既涵盖实施IR46标准的要求，又包括2019年1月，国网提出的另类表计定位和扩展功能设计要求。

— 设计特征

国网新一代智能电表（第二款）设计与以前智能电表的不同点，采用多芯模组化结构设计。

· 多芯设计方面：表计整机采用计量芯、管理芯分离设计；电能计量类型由正弦波的有功、无功计量，扩展到基波有功、无功计量，谐波有功计量；有功电能量采集、冻结周期，由15分钟提高到1分钟；表计软件测试要求，提出法制相关软件10项、非法制相关软件7项；表计使用寿命，从现在的8年，提高到15年。

· 模组化设计方面：包括计量芯模组、管理芯模组、扩展功能模组，并内连成计量系统。提出扩展模组的典型应用场景3个，即电动汽车有序充电、居民用电负荷特征智能分析应用、”多表合一”信息采集应用。

— 后续开发：本文作者提出国网新一代智能电表（第二款）样机推出之后，尚需后续研究的应用课题，包括：涵盖新一代三相智能电表全部性能与功能设计的系列产品标准制订、新技术应用开发项目，详见本文第3、1）部分。

— 应用情况的改变

· 2020年1月，国网调正了发展方向，新一代智能电表（第二款）应用走向，引人注意。

· 这里，本文作者认为：国网新一代智能电表（第二款）采用多芯模组化架构设计，颠覆了传统电子式电表/前期智能电表一体化架构设计方案，实现智能电表设计的新跨越。其中，在国内，首次提出扩展功能模组化设计，可以满足表计按需扩展功能的要求，可取。但是，国网新一代智能电表（第二款）的产品设计问题，就出在扩展功能模组化上。前面已经指出：2019年1月，国网提出并推进另类表计定位和扩展功能设计要求的实施，包括3项应用场景功能。由此，按照国网新调正的发展方向，新一代智能电表（第二款）的定位和扩展功能，需

要重新核定、选用，提出是否可取、或改进后可用、或不可取的结论。

— 国网新一代智能电表未正式启用，就有了新需求

2020年4月，网上报道，”国网营销部印发2020年智能用电专业工作要点”指出：在”积极推进公变台区用能优化中，推进家用智能电器研发，结合新一代智能电表，联合研制智能物联空调、电热水器等。建设国网居民家庭智慧用能平台，实现家电与电网互动和智能控制，提高家庭能效，降低用电成本”。

解读以上国网智能用电专业工作要点：推进公变台区用能优化项目，通过新一代智能电表可以开展智能物联家电研发，居民家庭智慧用能平台信息采集、传输，进行家电与电网互动和智能控制。这些新功能，在新一代智能电表（第二款）扩展功能模组中，只需增加随器计量模块，与户内家电连接、感知、控制模块，采用户内通信新技术模块就可以实现。

2、2009---2020年，国网智能电表发展进程的综合评议

下面，通过汇总以上国网各款智能电表的特征与品质评议，提炼出国网智能电表发展进程的综合评议。

1 ）国网智能电表发展 11 年取得的重要成果

— 首次在国网供电营业区实现智能电表的基本全覆盖。在本文前言中提到：截止2018年底，运行智能电表总量4.58亿只，用户覆盖率达到99.87%。由此，2018年成为中国电表发展史上第二个转折点，即电网运行电能表主体由感应式电表+电子式电表转变为唯一的智能电表，感应式电表全部淡出国内电表市场。

（注：中国电表发展史上第一个转折点：2005年，电子式电表总产量首次超过感应式电表）

— 首次在国网系统实现智能电表品质管理的统一，积累起抓两头、监管中间的表计品质管理经验。其中，产品标准的统一：国网先后发布2009版、2013版智能电表标准，实现智能电表的型式、功能、技术、测试（包括表计软件测试）的统一；制造质量监管的统一：国网印发加强智能电表质量管控工作的文件，采用先进的电能计量芯片，制订出15种主要元器件技术规范，提升表计高温老化工艺等；表计测试的统一：全省智能电表（1000万---4000万只）由省级电网电科院进行集中、统一、自动化检定，极大提升智能电表品质一致性。

— 智能电表的多功能设计，适应电价改革的需求，大量扩展表计应用场景。

智能电表在DL/T614《多功能电能表》基础上，先后提出新功能有：费控，阶梯电价，有功电量采集、冻结周期1分钟，采集电量带时标，硬时钟电路及校时，编程密码应用，停电抄表，防止交直流强磁场窃电措施，管理芯软件升级，电压电流波形数据输出，低压电网停电故障主动上报，ESAM模块安全认证等。

— 智能电表整机架构设计：由传统电子式电表/前期智能电能表的整机一体化架构设计，转变为新一代智能电表（第二款）的多芯模组化的整机架构设计。其中，计量芯模组、管理芯模组的分离设计，适应IR46标准实施的要求；扩展功能模组设计，可以满足按需改变功能的要求，实用，此设计很有特点。

— 运行电能表可靠性方面，2013版国网标准智能电表是在总结改进2009版标准智能电表设计缺陷的基础上，采用许多创新应用功能设计。经过7年的运行考核，产品质量较为稳定、运行比较可靠。前面已经叙述：自2013年中期以来，2013版标准智能电表共安装应用3.31亿只，占运行智能电表总量的72.2%。估计在2020年及以后2---3年内，国网智能电表招标的主要计量产品，还是选用2013版国网标准智能电表。

2 ）2009---2020 年，国网两代四款智能电表开发应用中存在哪些问题？

— 智能电表开发频次较高，急于求成，主要顾及功能扩展需求、低价位，不计及运行表计更换需要大的投资

· 电子式电表：按国家法定计量检定周期为8年。可以解读为从保证计量误差合格的角度，新款智能电表的运行使用期限要求长于8年。

· 案例一：2009版标准智能电表项目。前面已经指出：由于该款智能电表计量故障率高，功能应用不规范，到2013年中期及以后，就不再参与国网智能电表招标，网上运行期限最短只有3.5年。2013年上半年，该款智能电表在网上最多运行量为2.25亿只，累计投资468亿元。目前，网上运行量下降到1.27亿只，估计再有3年，可以全部更换淘汰。

· 案例二：”双芯”智能电表项目。2013版智能电表投入运行才3年，2016年，国网急于发布《基于IR46理念的”双芯”智能电能表设计方案》，布局

电表企业进行”双芯”智能电表开发，这是国网抢先将OIML的IR46标准在国内落地应用的需要。其实，本文作者经研究认为：目前，IR46标准在国内应用，具有局限性，主要是IR46标准只是有功电能表的国际建议，无功计量等其它类型表计的国际建议，OIML将后续推出，还没有确定的期限；IEC标准方面：据了解，采用IR46标准的IEC有功电能表标准还在制订进程；国网企业标准方面：将IR46标准的全面内容（包括准确度要求、计量特性保护、计量控制和性能测试）推广应用到多计量类型的国网标准，还是道难题。前面已经说明：2019年1月，国网对”双芯”智能电表提出另类表计定位和扩展功能设计要求，”双芯”智能电表作为新一代智能电表技术储备。由此，该”双芯”智能电表项目，前后只经历4年，就终止实施。

— 2009版国网智能电表标准的起始设计技术不到位或定位不正确

一是，智能电能表，只给出定义，”智能”技术不到位，配电网与用户间的高级互动功能如何实施，至今不明确

· 国际上，智能电能表还没有统一的定义。但对”智能”功能提出一些应用特征，有的有共同点：

a、2009年，GE（中国）公司发表文稿指出：GE智能电表有两大特征，双向通信功能；拥有基于标准的、开放的内置高级智能程序。只要接收到的信息符合预先设置的逻辑，就能自主作出判断和响应，无需等待主站再次发出命令。

b、2009年，杭州海兴公司发表文稿指出：智能电表作为通信网关应用：上行数据通信，本地数据通信，与水表、气表数据通信，与家庭智能显示单元（IHD）或客户信息交互单元（CIU）数据通信，与家庭第二回路继电器控制设备的通信。

c、2013年，德国制订了全新的智能电能表测量系统技术规范，其智能核心是智能电表网关。在该系统架构中，电表（以及水表、气表）只是负责采集的数据测量传感器，而智能电表网关才是智能化核心，是连接来自不同区域参与者的关键功能模块。

· 2009版国网标准智能电表，只具备初级智能功能，主要是双向电能计量及电网量测自动化功能，配电网与用户间的基础用电信息交互功能；表计未设计双向通信方式、通信网关应用，没有配电网与用户间的高级互动功能。对智能电表是否直接支持高级互动功能，国网营销/计量部门与配电部门一直有不同看法。

· 这里讨论的问题，与国网用电信息采集系统的定位直接关联。国际上，AMI是高级量测基础设施，其目的是实现用户侧与电网调度侧的双向、互动交流和控制；而国网用电信息采集系统建设的初期定位，是通过单方向通信，传输从智能电表采集的用电信息，构建省级电网远程自动抄表系统，实质上是AMR系统。

二是，智能电表的计量功能定位不正确。电能计量功能不全、固化，限制了电网其它专业、省级电网按需选用的要求。

a、国际上，单相、三相智能电表/电子式电表有单一功率、全功率的电能计量功能设计，由供电部门或电力用户按电力贸易结算，电网线损计算，无功功率监测、控制，用户谐波污染源监测、控制等需求来选用。其中，全功率计量包括有功功率、无功功率、视在功率；还有，GE公司的kV2c型三相智能电表设计有畸变功率因数计算功能。2021年起，加拿大的电力贸易结算，将采用基波有功电能计量方式。

b、2009版国网标准智能电表：单相智能电表只有有功电能计量功能，三相表计设计有功、无功计量功能，以适应现行电价要求的有功电能量计量，三相用户的最大需量、功率因数计算。同时，明确以上计量功能不可更改。国网，以后推出的2013版智能电表标准、”双芯”智能电表设计方案、新一代智能电表（第二款）技术要求，都是明文这样统一的计量功能限定。

三是，单相智能电表的准确度，只有2级，出厂误差要求控制在±0.6%以内，此类规定很不合理。

a、国际上，单相智能电表/单相电子式电表的准确度等级，设计有1级、0.5级、0.2级，按需选用。

b、本文作者经研究认为：低压电网的防窃电措施，要从单相智能电表计量1kWh抓起：

月用电量500kWh及以上用户，需安装0.2级单相智能电表；

月用电量200kWh及以上用户，安装0.5级；

月用电量100kWh及以上用户，安装1级；

月用电量100kWh以下的用户，采用2级或1级。

同时，对月用电量200kWh及以上用户，单相智能电表需设计具有典型日用电量负荷曲线。当用户实际日用电量变化与典型日用电量负荷曲线之差，超过设定限值时，表计需发送报警备查。

— 国网新一代智能电表（第二款），前面已经指出：由于该款智能电表设计，既涵盖实施IR46

标准的要求，又包括2019年1月，国网提出另类表计定位和扩展功能设计要求。2020年1月，国网调正了发展方向，新一代智能电表（第二款）的定位和扩展功能设计，需要重新核定、选用。

— 与国网智能电表发展配套改进的本地通信技术，包括窄带（低速）、窄带（快速）、宽带（中频）电力线载波通信技术，微功率无线通信方式，双向通信及网关应用等技术问题，本文作者将另撰写专题讨论文稿。

3、对国网新一代智能电表的期望

1 ）国网新一代智能电表需重新定型、改进设计，再进入不同环境下较长时间的规模试运行

— 重新定型，包括：

· 对新一代智能电表（第二款）的另类表计定位和扩展功能设计，应重新核定、选用；

·补充对新一代智能电表的新需求。前面已经提到：国网2020年智能用电专业工作要点，提出对新一代智能电表的新应用，即开展智能物联家电研发，居民家庭智慧用能信息采集、传输，进行家电与电网互动和控制等。对这些新需求，通过功能论证、核定，作为新一代智能电表的扩展功能。

·对IR46标准抢先在智能电表有功计量上应用，是否有实用价值？IR46标准全面应用有何难度？需慎重考量，重新评估。

— 扩大论证、改进设计：鉴于新一代智能电表（第二款）完全改变了前期智能电表的一体化架构设计，还新提出一些未来应用的计量功能和许多扩展功能（包括表计软件测试），为保证新一代智能电表的质量和长期应用可靠性，国网计量部门需下功夫组织表计全性能与功能的扩大论证，改进设计工作，为制订新型表计标准提供依据。在此基础上，再进入不同环境下的规模试运行。这样做，需要较长的时间，但比较稳妥。

— 后续标准制订、新技术课题开发工作

参照2019年11月19日，由本文作者发表：《国网：多芯模组化三相智能电能表实现智能电表设计技术的新跨越》中提出的相关项目，合并提炼出后续国网新一代智能电表系列企业标准制订与新技术课题开发项目：

· 采用多芯模组化架构设计的新一代智能电表的型式、功能、技术要求、测试及安全认证系列标准；

· 基波有功计量、谐波有功计量的算法、计量溯源及应用技术规范；

· 电动汽车有序充电计量技术规范；

· 居民用电负荷辩识算法、考核及应用技术规范；

· 新一代智能电表软件测试要求及应用技术规范；

· 电表使用寿命15年的可靠性技术论证与测试；

· DL/T698.45数据通信协议应用于新一代智能电表的修订版。

2 ）国网智能电表的再发展，需要制订一个较长远的计划

回顾2009---2020年，国网智能电表的发展，经历了曲折发展过程，取得智能电表开发应用的许多重要成果，但也留下诸多需要深化研究与前瞻性计量的难题。

— 2009---2020年，智能电表发展的起始设计缺陷需要研究补上

· 对智能电表的"智能"功能技术，要补充到位。主要是双向通信及网关技术有更广泛的应用；表计具有自主作出判断和响应的内置高级智能程序，实现配电网与用户间的高级互动功能，包括大容量的居民用户家电、工商业户用电设备与电网互动和智能控制，用户需求响应，未来实时电价应用；电力现货市场实时交易的电能计量。

· 智能电表需开放全功率（有功功率、无功功率、视在功率）电能计量功能设计，由电网其它专业、省级电网按需选用。

· 单相智能电表需具有多个准确度等级设计。单相用户，按月最大用电量评估，选用单相表计的准确度等级。

· 智能电表软件测试技术深化研究，扩大测试范围，提高测试效能，制订出表计软件测试技术规范。

· 大幅度降低智能电表安装运行初期的更换率，研究改进产品可靠性设计、测试论证。

— 国产高端电表未能全面进入电网关口计量主表地位。

国网，是国内最有影响的中央企业，对电网进口关口电能表运行质量情况最有发言权。国网计量部门需协同电表行业主管部门出面组织、协调国产高端电表的协同攻关，主要是制订关口计量主表的高可靠度、高稳定性、长寿命的计量技术规范；推动国产高可靠性的元器件设计生产；开展表计可靠性设计、使用寿命预计的论证测试；安排国产高端电表与进口品牌关口电能表在网上并列运行，积累

长期运行数据，改进国产高端电表设计，争取国产高端电表全面进入电网关口计量主表地位。

— 开展前瞻性的电能计量技术研究，加快引进国际计量新技术进程，提升国网智能电表品质水准

· 国网计量部门需会同电表企业在网上和实验室：同时开展正弦波全功率电能计量，极低功率因数计量，基波计量，非线性负荷计量，直接式10---35kV高压计量等的超前应用技术研究，其目的是为提高国网智能电表运行质量，降低电网线损，抑制电网谐波污染，改进大用户计量机制，提供计量数据。

· 建议：计量标准化行政部门对电表行业的国际电表标准制定和交流合作机制进行改革，国网计量部门、电表企业可以有更多机会申报或直接参与IEC、IEEE电表计量标准制订与交流项目，争取电表行业在国际电表标准制订和交流方面的话语权，同时，也有利于国网加快引进国际计量新技术的进程。

· 目前，国际上，智能电表及通信技术发展的最高水准及新动向

a、IEC正在制订0.1S级静止式有功电能表标准；兰吉尔也在研发0.1S级、E860系列更高精度结算关口电能表。

b、全功率计量准确度超过IEC标准的最高要求：有功功率计量误差<±0.1%，无功功率计量误差<±0.2%，视在功率计量误差<±0.3%。

c、国际上，正在推广应用0.5S级基波无功功率计量。加拿大：从2021年起，电力贸易结算电能量，采用基波有功计量方式。

d、电能质量监测技术，未来将成为电能表功能差异化设计、扩大应用的关键点。

e、表计量测速率与通信方面：瞬时值的准确、快速测量，高速记录，高速录波；采用多通信方式、多通信协议应用。

f、变压器、电力线路损耗的实用测量与计算技术。

g、Wi---SUN无线通信技术应用：2019年3月，兰吉尔公司中标（日本）东京电力公司超过2000万户的智能电表项目部署，与用户设备通过多通信技术和Wi---SUN家庭能源管理通信标准进行连接。

— 目前的国网新一代智能电表性能及通信技术设计水准，与以上国际智能电能表及通信新技术相比，尚有许多方面的差距，国网计量部门要在总结运行智能电表质量管理经验的基础上，根据国网开展能源互联网企业建设的新要求，研究采用国际计量及通信新技术，作出国网智能电表的再发展计划。

4. 国内，2021年新一代智能电表的市场需求及提出的问题

在即将进入2022年之际，本文汇总2021年以来，围绕构建新型电力系统，有关国产新一代智能电能表市场与技术发展的文稿、信息151篇。经梳理、提炼出对推动电表行业发展有重要影响的5类（国内电表市场，国际电表市场 ，新能源并网的电能质量监测与电能计量，用电信息采集系统技术更新，推进用户侧电力物联网应用）文稿予以概述，并提出后续需要讨论的问题。

1 ）2021 年，国网：新一代智能电表招标总量同比增长 28.2%

— 2021年，国网新一代智能电表分两批次招标（第1批次3040.2万只，第2批次3633.4万只），全年招标总量6673.6万只（中标总金额169.7亿元），比2020全年智能电表招标总量（5205.6万只）增长28.2%。

— 经汇总分析，2021年新一代智能电表招标总量增长的要素：

•2021年，是国网新一代智能电表入网应用元年，需要更换不符合IR46标准和新能源并网计量要求的（2009版、2013版）智能电表4.3亿只。按8年更换期，平均每年需要新一代智能电表5370万只。

•年新增用户 ，按国网供电营业区2020年拥有用户总数（5.1亿户）的3%计算，需用新表1500万只。

•智能物联电能表新开发功能批量应用。

•国产高准度结算电网关口表扩大应用。

•计量故障处理用表，按2020年国网运行电表总量的0.5%计算，需用新表255万只。

— 这里，本文首次关注电能表价格升高议题。经测算，2021年，国新一代智能电表招标的平均单价为254.28元/只，比2020年智能电表平均单价（212.6元）升高19.6%。

— 展望2022年国产新一代智能电表市场前景。

随着国网新一代智能电表市场进入稳态、渐进期，2022年，国网运行（2009版、2013版）智能电表还有3.76亿只，年内需更新5370万只；新的市场需求，包括新能源并网计量点增多，智能物联电能表新功能推出，预计2022年国网最低需用新一代智

能电表6000万只。可以说，国网电表市场是永恒的。

但是，国网对电表企业中标的最高金额有限制（约招标总金额的6%左右），远不能满足电表企业持续发展的需求。因此，近几年，电表企业在继续做好国网电能表集中招标工作基础上，开发高端电能表，进入电网关口表、大工业用户电表市场，并探索跨领域多元化产业发展；2020年，智能电表出口增长很快，杭州海兴、威胜的智能电表出口很有业绩，其营销经验可以借鉴，更期望国产智能电表能批量进入国际高端电表市场。

2 ）推进电网关口表国产化进程卓有成效

近20年来，威胜在电能计量领域先后推出0.1S级有功电能计量、非线性负荷计量、谐波计量等高端计量新技术。

2010年，威胜研制出国内首只0.1S级、采用数字乘法器技术高准确度结算三相关口表，具有基波、谐波计量，卫星对时，潮流穿越等特定功能；可兼容多种通信协议，支持多种语言显示。

该关口表采用自主知识产权计量算法（包括有功计量采用复化Newton--Cotes高阶积分算法，无功计量算法，高精度动态角差补偿算法），选用国际高性能元器件，运用先进的生产工艺制程，确保高端计量产品的高准确度（有功计量出厂误差小于/等于+/-0.04%；无功计量0.5S级）、高稳定性（15年寿命周期内有功计量误差小于/等于+/-0.1%）、高可靠性。经测试，与国际同类电网关口表性能相比，国产0.1S级关口表已经达到国际先进水平，打破进口关口表的垄断地位，推动高准确度结算关口表的国产化进程。

目前，威胜0.1S级关口表已用于跨区域电网联络线枢纽、省间电网联络线变电站、大容量新能源发电上网计量、冲击负荷电气化铁路牵引站等关口计量，运行多年，计量性能稳定、可靠。

3 ）具有非介入式负荷识别功能的智能物联电能表在湖南电网首批挂网应用

2021年7月，湖南电力在长沙、湘潭的5个低压台区首批试点安装543只智能物联电能表。该表配置非介入式负荷识别模块，可获取电压、电流高频采样波形，通过采用电器特征组合算法，可以识别用户电器用电量和用电时段。

智能物联电能表在传统智能电表基础上，增加谐波计量、端纽测温、计量误差自监测等功能，使用寿命从10年提升到16年 。由此，该表可预知电能表发热、烧表隐患；解决高铁用电、电信塔用电等可能存在计量盲区；可精准感知分布式电源、新能源汽车充电设施、高次谐波污染设备接入电网引起高压高频干扰，防范各类风险。

2021年，湖南电力要在省内推广应用1000余只智能物联电能表。

4 ）江苏电力：推出可远程升级软件的多芯模组化负荷分析电能表

— 先前的非介入式负荷分析功能，在现有用电信息采集系统框架下，新功能升级时，需到现场对电能表逐个更换负荷分析模块，这就难以满足大规模应用的要求。

— 国内现有标准体系中，不允许软件在线升级。

— 但是，根据IR46标准规定，电能表只有实现计量芯与非计量芯的软硬件系统独立，才能保障非计量部分功能扩展、远程升级等不影响计量性能，这为研制可远程升级软件的负荷分析电能表提供了思路。

— 该新型电表，设计有计量芯、通用功能芯以及负荷分析专用芯，通过用电信息采集系统交互，在不影响正常计量芯功能基础上，实现居民家庭负荷识别功能及负荷特征库在线更新

— 在新的远程系统中，专门设计远程升级通信拓扑结构；负荷匹配算法及负荷特征库的远程升级流程。

— 电能表负荷分析芯片，采用基于马氏距离的多层树状分类算法。

— 经测试，在单一电器运行时，用电量识别精度可达95--98%；多电器混合运行时，在70--90%以上，表明在不影响计量性能前提下，采用远程升级负荷分析软件，可准确识别家庭典型电器的分时用电详情。

5.国际上，智能电表需求量尚有较大的发展空间，国际电表市场竞争更激烈，推进国产高质量智能电表和AMI/AMR系统整体出口

說明：•AMI（Advanced Metering Infrastracture）高级量测基础设施。

•AMR 自动抄表系统。

1 ）国际电表市场概要

— 全球230个国家总人口约为75亿人；其中，用电人口比例89% （66.75亿人），用电总户数约13.35亿户。

— 目前，正在使用的电能表，包括工、商、住电表用户约17亿只；2020年，安装应用智能电表

约9.63亿只，智能电表渗透率为59%，即全球智能电表需求量还有7.37亿只，整体国际智能电表市场还保持持续增长趋势。

— 国际上，智能电表市场首先由欧、美起步。经过10年的发展，目前，全球智能电表占有率，中国占62%，其次依序为北美、欧洲、亚洲（不包括中国）、拉丁美洲、中东及非洲。

— 国际上，目前 ，智能电表有名声、出口量较大的电表公司：

•兰吉尔公司（Landis&Gyr）

•爱拓利公司（Itron）

•通用电气公司（GE）

•埃尔斯特公司（Elster）等

— 国产智能电表出口

2020年，中国电表企业向160个国家和地区出口电能表，出口单、三相智能电表约5900万只，出口总金额超过13亿美金（折合84亿人民币），出口电能表均价30.7美金（折合200元人民币）。

国产智能电表出口量多的中国电表企业：杭州海兴、威胜、深科技、华立等 。其中，2020年海兴出口2.8亿美金（折合18亿人民币）。

2 ）国际上，百年电表品牌：兰吉尔高质量智能电表

— 1993年，兰吉尔生产ZU型0.2S级高精度关口表，采用时分割乘法器。

— 1995年，兰吉尔推出基于霍尔乘法器（DFS）的ZB型0.5S级静止式三相表。

— 1998年，山东电网进口兰吉尔生产的电网电量自动计费系统。其中，发电厂上网电量计量点，配置ZU型0.2S级关口表和FAT数据处理器；高压变电站关口计量点，配置ZB型0.5S级静止式电表和METCOM数据处理器。

— 2004年，兰吉尔研发出新一代关口计量精品— ZQ型0.2S级高精度结算关口表 ，采用数字乘法器技术。

— 本世纪早期，研发出AMI（高级量测基础设施）及其指令系统（Grid Stream）。

— 2016年，兰吉尔开发出网格路由器；基于网格路由器的能够连接多个网格部署AMI解决方案（Grid Stream）通信平台。

— 2019年，东京电力公司与兰吉尔合作，将在2020年完成AMI项目，安装应用超过2000万只智能电表，采用符合IEEE802.15.4标准的Wi--SUN网状网络通信协议

— 2021年

•2021年9月28日，兰吉尔集团发布其子公司Landis&Gyr AG与（土耳其）Luna公司达成并购协议—兰吉尔将收购Luna100%股份，预计2021年底完成收购交易。

Luna是土耳其领先的表计供应商，在能源计量领域的工程、认证、制造方面建立了优势地位，年营业收入超过6000万美元。

收购Luna将使兰吉尔获得相当大的土耳其市场份额，包括现在尚未启动的AMI业务机会，以及利用Luna的垂直整合能力来促进周边地区及市场的销售。目前，Luna产品出口到非洲、亚洲、欧洲（包括德国）和南美洲的许多国家。

•2021年7月20日，“输配电世界”报道：（美）新泽西州公用事业公司（PSE&G）与Landis&Gyr Group（兰吉尔集团）AG 的美国子公司Landis&Gyr

Technology lne签署了一份为期10年的协议 。兰吉尔将向PSE&G提供230万只智能电表，以及相关网络基础设施、软件和服务。所有电表连接到兰吉尔 Grid stream Connect AMI平台。PSE&G将在未来4年内完成230万只智能电表的部署。

兰吉尔 Grid stream网络还用于支持电网管理的传感器以及用于电力和天然气服务的消费者互动技术；Grid stream AMI在每个计量和网络设备上增加电网边缘智能，以提高公用事业和消费者的效率和自动化。

— 关注兰吉尔正在转型发展

2017年4月，由瑞士苏格报道：兰吉尔将从专业的计量供应商转变为向客户提供业内最先进网络与物联网（IOT）解决方案的公司 。

兰吉尔，年度销售额16亿美元，是（日本）东芝公司旗下的独立发展平台，由日本创新网络公司（INCJ）持有40%的股权，致力于为智能电网的基础提供综合解决方案，包括智能电表、配电网传感器与自动化工具、电力负荷控制、分析和电力储备，在全球5大洲30多个国家开展业务，推动全球更好地管理能源。

3 ）面向全球能源、新能源管理的需求，推进国产高质量智能电表和 AMI/AMR 整体出口

一是，2021年4月，国网的沙特智能电表项目正式竣工，实现我国用电信息采集系统业务首次大规模出口海外

— 沙特智能电表项目概要

•该项目总承包商为国网的中国电力技术装备

公司（以下简称中电装备公司）

该项目自2019年12月19日签约，涉及沙特西部和南部9个地区，包括主站系统、500万只智能电表、集中器、外置断路器、配套软件开发及硬件设备方案设计、生产、供货、运输、仓储、安装、调试、试验等。

•之前，2019年4月，南瑞集团启动沙特智能电表项目技术方案验证的关键技术攻关，组织AMI/AMR系统集成、互联互通等相关测试工作。

2019年7月，南瑞集团牵头提供AMI/AMR整体解决方案，在沙特电力公司组织的竞标中脱颖而出，为中电装备公司中标项目奠定了基础。

•该项目在国内分批采购，林洋中标设备3.3亿元；宁波三星中标设备4.5亿元；正泰供应超过1亿元的外壳塑料断路器；深科技承担1年内完成240万只智能电表；南瑞成为该项目用电信息采集主站系统承建单位，并负责推进该项目的落地实施。

— 南瑞，因地制宜的开发、输出一套AMI/AMR系统全流程业务体系，提出适合当地特殊需要的整体解决方案

•2020年3月，业主要求增加窄带物联网（NB-IOT）通信方式，应用比例从5%提升到50%。NB-IOT同一时刻接入设备数量对通信质量影响很大，经联合攻关，最终设计出适配百万级NB-IOT的智能电表短连接抄表方案。

•该项目构建基于智能采集弹性架构、海量数据存储、智能数据分析等主站系统架构，可满足750万只智能电表的通信连接管理，异构通信方式接入，10亿级计量数据存储和处理要求。

•该项目的终端信息通信采用双模和窄带无线通信方案 。

— 深科技的成都长城开发公司出口沙特智能电表项目的258万只智能电表（使用寿命15年），占据该项目智能电表的最大份额 。

近两年，中东国家能源转型需求较大，开始大规模部署智能电表，要求具有先进通信技术，能够双模运行，适合当地环境应用。

该公司一方面通过成都区外加工贸易的方式，直接出口成品电表和远程控制设备；另一方面，出口电能表半成品后，在海外当地进行组装，以建立客户本地化智慧工厂为切入点，打造适合当地的智能生产体系，扩大出口市场。

二是，威胜：从“产品出口”到“整体解决方案输出”

— 2021年8月，威胜巴西公司与巴西电力局签订智能电表中标合同，总金额超过1亿元人民币，表计数量超过百万只。

此次中标体现威胜品牌国际化和国际客户认可度。

— 2021年9月，威胜墨西哥公司与墨西哥联邦电力委员会签署了一份供货超过100万只智能电表的合同。

本次合同总金额逾2.6亿元人民币，未来几个月完成产品交付工作

威胜，近期在全球市场的策略已取得可观的成就，这是基于威胜可持续发展市场的结果

— 威胜，正逐步成为全球能源物联网和管理领域整体解决方案的供应商

•2020年，威胜营业总金额40亿元，同比增长8%。其中，海外业务占整体业务的15%。

•威胜，国际化20年。目前，产品领域已从电力计量设备向水、气、热、电气产品设备拓展；业务领域已从能源计量向智能管理拓展；业务模式从以产品经营为主向整体解决方案及工程服务拓展。

•2014年以来，威胜在海外市场耕耘多年，熟悉“一带一路”沿线国家的国情及市场运作规则，能更好地把握投资方向；通过“本地化”运作，迅速打开营销渠道。目前，威胜产品已经销向全球50多个国家和地区；在坦桑尼亚、巴西、墨西哥设立工厂。

三是，本文点评

题目：推进国产高质量智能电表和AMI/ AMR整体出口正当时！

— 前面已经叙述，国内，国网电表市场是永恒的。但是，目前国网电表市场已进入稳定、渐进期，其智能电表需求量已不能满足电表企业持续发展的需求。

近10年，电表企业探索智能电表出口很有业绩。目前，中国电、水、气表出口量占全球市场50%的份额。出口方式主要有产品出口；产品半成品出口，再在海外当地组装；在海外建厂或合资公司，输出整体解决方案，主要海外市场是亚、非、拉。

这次，国网的沙特智能电表项目，是智能电表及用电信息采集系统（包括主站系统）整体出口典型案例，属国内首次 。

— 美国，AMI的发展情况与提出的问题

本部分内容摘自 许晓慧主编《智能电网导论》并经编辑而成。

•2006年8月，美国联邦能源政策委员会定义了

AMI的概念。

AMI，主要包括家庭网络系统、智能表计、本地通信网络、连接电力公司数据中心的通信网络、表计数据管理系统及数据集成平台等 。

AMI是一个全面可配置的基础设施，并集成于现在和未来的电网和运行过程。

•智能表计：是一种绿色表计，它有需求响应功能，能减少CO2的排放，节省能源，提高能源效率。

智能表计，可编程的计量装置，其 主要功能：分时电价；为用户和电力公司提供耗电量；安装可再生能源发电装置的净计量电价；停电和停电恢复通知；远程开、关功能；防止高额电价或者为需求响应服务的负荷峰值限制；预付费；电能质量监测；防窃电监测；和家庭其它智能设备通信 等。

•通信设施：为电力公司、用户和可控负载之间提供连续的信息交互功能。它必须是具有开放式的双向通信标准，并且高度可靠性。

AMI须有一台本地信息集中器，收集所有智能电表的数据，通过信道将这些数据传输至中央服务器。用于通信的媒介可以多样化 。

从集中器到电能表的“最后一英里”问题的下行通道是技术瓶颈，目前尚无可行的解决方案，主要原因在于“最后一英里”面临的数量大、现场环境复杂、通信媒介质量低、成本压力大等一系列难题。

•家庭网络

在AMI中，家庭能源管理的主要功能：实时显示能源使用量和价格信息；对电价信息进行反馈；设置能耗或负荷控制峰值；自动调节负荷；用户人控功能等。

适合于表计和家庭设备的通信主要方式：BPL技术、Home Plug技术、Zig Bee技术，还有WiFi、WiMax技术也是家庭网络技术。

在AMI中，家庭网络要和用户入口（它，可以装在任何设备中）进行交互，将智能表计和可控电气设备联系在一起，通过管理终端对家庭耗能情况和电力公司的供电信息结合起来，实现最大限度地降低能耗。

•表计数据管理系统（MDMS)：是带有分析功能的数据库，能与其它信息系统进行交互。其主要功能是对AMI数据进行合法性验证、编辑及评估 。

•运行网关：AMI通过和电网的许多系统（高级配电系统、高级输电运行系统、高级资产管理系统）的应用层进行交互，取得AMI功能需要的信息。

•AMI如何支持智能电网运行需求？

其一，增强用户参与电网的主动性和积极性。

其二，实时监视和控制用户周边的分布式发电和储能设备。

其三，联系用户和电网，增加市场的活跃性，用户主动参与电网，根据价格信息调整负荷或将能源输送给电网。

其四，智能表计配置电能质量监测模块，能快速测量、诊断、调整电能质量。

其五，实现分布式的电网运行模型，减少外界对电网攻击的影响。

其六，协助电网实现故障自愈。

其七，提供精确和及时的数据信息，更好地改进电网资产管理和电网运行。

— 兰吉尔的AMI开发进程前面已经叙述;2012年12月19日，兰吉尔（珠海）公司组织兰吉尔AMI技术交流会。

会上,重点介绍兰吉尔在全球的AMI试点情况。

•在美国的AMI试点工程：采用RF Mesh无线网络技术。

•在欧洲的AMI试点工程：采用Prime-G3窄带（快速）电力线载波网络技术。

•统一采用AMI软件系统：Grid stream。

— 对国产高质量智能电表和AMI/AMR整体开发的要求：

•国产高质量智能电表开发与出口

目前，国内智能电表价位较低，经采用多方面措施，可以达到国际中等质量水准，但还未批量进入国际高端电表市场。

国际高质量智能电表，国际上还没有统一标准。长期以来，经对进口智能电表、关口表性能测试，可以概括出进口高质量智能电表的指标要求：

其一，智能电表出厂误差控制严，一般为表计等级的40%；关口表25%。

其二，影响量指标，控制在标准要求的50%。

其三，表计误差曲线平坦，线性度为表计等级的20%。

其四，款式扁平、大方，表内温升低。

其五，表计使用寿命期，保证误差不超过等级要求。

其六，兰吉尔关口表：采用自主开发的电能计量算法专有芯片，对提高表计可靠性、安全性很有效。

•AMI指令系统及主站/平台设计 。南瑞，沙特智能电表项目主站系统是基于国内用电信息采集

系统主站设计的10年经验积累。而国内大多数电表企业没有这方面的经验，是短板，未来需要加大开发投资和高水准软件人才汇聚，补上这一课。

AMI指令系统、主站/平台设计，可参考兰吉尔、南瑞的设计经验，汇集国际上不同地区的AMI功能要求，具有系统可修改、补充的灵活性 。

•用户物联网应用设计，国际、国内正处于起步、发展进程。其中，本地通信采用HPLC、Wi-SUN、窄带无线通信新技术，需要适应当地居民居住密度，气候环境要求，通信介质情况等来选用、验证，提出用户物联网应用创新设计。其中，据网上报道：Wi-SUN通信协议有望成为物联网核心协议。前面已经提到：东京电力公司和兰吉尔合作部署的2000万只智能电表项目，采用物联网网络，通过使用各种通信技术和Wi-SUN家庭能源管理互操作标准，与智能设备兼容。由于从端到端的可寻址能力、广覆盖、安全性和可扩展性高，Wi-SUN将扩展应用至智慧家庭领域。

结束语

在一个不远的未来，随着科技的不断进步，我们的生活变得更加便捷和高效。其中，智能电能表作为智能电网的重要组成部分，也在不断地演进和升级。

随着技术的不断发展，智能电能表的功能也不断得到拓展。现代智能电能表不仅具备电能计量和远程抄表的基本功能，还可以实现负荷控制、用户信息管理、电能质量检测等多种功能。通过智能电能表，电网运营商可以更加全面地了解用户的用电情况，为用户提供更加个性化的服务。

同时，随着物联网、云计算、大数据等技术的不断发展，智能电能表也开始与这些技术相结合，形成了更加智能化和高效化的电网管理系统。通过智能电能表采集的用电数据，电网运营商可以进行用电分析、预测和优化，提高电网的供电效率和可靠性。

在智能电能表技术的演进过程中，还有一些重要的技术趋势值得关注。首先是智能化和网络化。未来智能电能表将更加注重与用户的互动和智能决策，实现更加个性化和智能化的用电服务。其次是安全性和可靠性。随着网络安全问题的日益突出，智能电能表的安全性和可靠性也成为了重要的技术趋势。最后是绿色环保和可持续发展。智能电能表将更加注重环保和节能，推动能源利用方式的转变，实现可持续发展。

总之，随着技术的不断进步和应用领域的拓宽，智能电能表将在智能电网中发挥更加重要的作用，为电力行业的发展和能源利用效率的提高做出更大的贡献。同时，我们也需要关注智能电能表技术的安全性和可靠性，保障用户的用电安全和数据安全。未来，智能电能表技术将继续演进和创新，为我们带来更加便捷、高效和可持续的用电体验。

参考文献

[1] 邓桂平;傅士冀;舒开旗;陈俊 高级量测体系探讨《电测与仪表》- 2010-07-15

[2] 张恺 导师:杜欣慧 基于高级量测体系的智能电表双向通信研究《太原理工大学硕士论文》- 2011-05-01